

10/661,847

FOREIGN PATENT

"N"

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-5197

⑤ Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

④ 公開 昭和62年(1987)1月12日

G 21 C 1/08
5/147414-2G
7414-2G

審査請求 未請求 発明の数 1 (全8頁)

⑬ 発明の名称 沸騰水型原子炉の炉心構造

⑭ 特 願 昭60-142465

⑮ 出 願 昭60(1985)7月1日

⑯ 発 明 者 丸 彰 日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

⑰ 発 明 者 梅 原 肇 日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

⑱ 発 明 者 浅 野 林 一 日立市幸町3丁目2番1号 日立エンジニアリング株式会社内

⑲ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑳ 出 願 人 日立エンジニアリング株式会社 日立市幸町3丁目2番1号

㉑ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外2名

最終頁に続く

明 細 書

発明の名称 沸騰水型原子炉の炉心構造

特許請求の範囲

1. 格子状の上部炉心支持部材と、炉心下端部に配置された燃料支持部材と、上端部が前記炉心支持部材に保持されて下端部が前記燃料支持部材に保持された燃料集合体とからなる沸騰水型原子炉の炉心構造において、前記上部炉心支持部材の真下に挿入されてしかも前記上部炉心支持部材の1つの升目の対向する1対の対角の位置にそれぞれ配置された制御棒と、それらの制御棒にそれぞれ対向して前記上部炉心支持部材の1つの升目内に上端部が挿入された燃料集合体とを具備したことを特徴とする沸騰水型原子炉の炉心構造。

発明の詳細な説明

〔発明の利用分野〕

本発明は、原子炉の炉心構造に係り、特に沸騰水型原子炉それらによつて支持される燃料集合体、制御棒等に適用するのに好適な原子炉の炉心構造に関するものである。

〔発明の背景〕

沸騰水型原子炉は、その炉心に垂直に並べられた複数の燃料集合体を有し、それら燃料集合体の間隙に垂直方向に挿入・引抜できる制御棒を有している。炉心は、原子炉圧力容器内に内蔵され、冷却材および減速材の機能を有する軽水中に浸漬されている。

燃料集合体10は、第9図(a)及び(b)に示すように、上部タイプレート102、下部タイプレート103、とそれらのタイプレートに両端部が支持されている複数の細長い燃料棒104、及び燃料棒104の束を取囲む角筒のチャンネルボックス105よりなっている。燃料集合体101は、下端部を下部炉心支持板106に設置された燃料支持金具107によつて支持され、その上端部を上部格子板108によつて支持される。制御棒109は、炉心下部の制御棒案内管110を通して炉心内の燃料集合体間に挿入され、またその間から引抜かれる。各制御棒109はカップリングを介して制御棒駆動装置(図示せず)に接続さ

れる。軽水は、原子炉圧力容器内の炉心下部のスペースを通過する間に流れの分布が調整され、燃料支持金具107内に設けるオリフィスにて燃料集合体101への流量を所要の割合に調整されたのちに燃料集合体101内に導かれる。そして、軽水は、燃料集合体101内を上昇する間に加熱され、気水混合の二相流となる。

第10図に、1体の制御棒109に隣接する4体の燃料集合体101からなる従来炉心の単位セルを炉心上方から見た平面図を示す。1つの燃料集合体101内には、通常8×8格子の燃料棒104が配置され、外側には、4体のチャンネルボックス105の間を十字形の断面をもつ制御棒109が軸方向に移動できるような通路が形成されている。チャンネルボックス105の内側の領域をインチャンネル領域111、チャンネルボックス105の外側の領域をアウトチャンネル領域112と呼ぶ。上部格子板108は、格子状になっている。上部格子板108の各々の升目の中には、4体の燃料集合体101が配置されている。

が望まれるが、従来の炉心構造ではこれ以上上部格子板の板厚や制御棒の厚さを減らすことは強度上不可能である。

〔発明の目的〕

本発明の目的は、燃焼効率を増加することができる沸騰水型原子炉の炉心構造を提供することにある。

〔発明の概要〕

前述した問題点に対して以下の解決策を見出した。

インチャンネル領域とアウトチャンネル領域との面積比を増加するために、上部格子板の交点の位置に制御棒を配置し上部格子板に囲まれる単位格子に1体の燃料集合体を配する炉心構造とした。こうすることにより、従来の炉心構造では上部格子板の直下の空間が無駄な領域であったものを、そこに制御棒を配することでインチャンネル領域を増やすことができた。

上部格子板の各単位セルに1体の燃料集合体を配置させ、上部格子板の交点の下に制御棒を配す

これらの4体の燃料集合体101の間に、1体の制御棒109が挿入される。上板格子板108の一部の交点の下には、中性子検出器を内蔵した中性子計装案内管113が下部炉心支持板106と上部格子板108の間を垂直に立っている。

以上に記述した従来の沸騰水型原子炉の炉心構造には下記の問題点がある。

第9図(b)に示すように、上部格子板108の下空間は、中性子計装案内管113が立っている上部格子板108の交点部分を除いて、冷却水で満たされている。また、4体の燃料集合体101間のギャップには制御棒109が占める部分以外の空間は冷却水で満たされている。原子炉を運転している期間中、大部分の制御棒109は炉心から引抜かれた状態にあり、前述のギャップはほとんど冷却水が占めることになる。以上に示したアウトチャンネル領域112の水は、冷却材としての能力は低く、また減速材としての能力もインチャンネル領域の水に比べて少ない。したがって、炉心構造としてはインチャンネル領域を増やすこと

る炉心構造によつて、全炉心の制御棒本数を一定とする条件のもとで、燃料集合体の大型化をはかることができた。

〔発明の実施例〕

本発明における好適な一実施例である沸騰水型原子炉の炉心構造を、以下に説明する。

第1図は炉心の上部に位置している上部格子板1を炉心上方から見た平面図である。上部格子板1は、沸騰水型原子炉の原子炉圧力容器(図示せず)内に設置されている。第1図において、本実施例における上部格子板1は、従来炉心構造における上部格子板108(第1図に点線で示す。)の単位格子において、4交点のうち対向する交点をそれぞれ結んだ形をしていて、従来炉心の格子に対して45°回転した位置となる。従来炉心における制御棒109(第1図に点線で示す。)の中心軸の位置は本実施例の上部格子板1の交点2に一致する。制御棒3は、従来炉心における位置を変更せずに向きを45°回転させ、炉心上方から見た場合に十字型のブレードが完全に上部格子

板 1 の真下になる配置とする。このようにして出来た井桁状の上部格子板 1 は、格子の一边の長さが従来炉心の上部格子板 108 の $1/\sqrt{2}$ であり、上部格子板 1 の交点は制御棒 3 の中心軸位置の真上に位置する交点 2 と、制御棒位置にない交点 4 (従来炉心の上部格子板の交点位置に一致する) とが交互に配列した構造である。

制御棒 3 は、上部格子板 1 の 1 つの升目の対向する 1 対の対角の位置にそれぞれ配置され、上部格子板 1 の真下で隣接する燃料集合体 5 間に挿入される。1 体の燃料集合体 5 が、上部格子板 1 の 1 つの升目内に挿入される。この 1 つの升目内に上端部が挿入される燃料集合体 5 は、制御棒 3 が炉心に全挿入された状態で升目の対向している対角にそれぞれ配置された制御棒 3 に直接隣接 (対向) し、それらの 1 対の制御棒 3 に挟まれることになる。上部格子板 1 の交点のうち、制御棒位置にない交点 4 の一部は、中性子計装案内管の上部支持部となる。上部格子板 1 の単位格子面積は従来炉心に装荷されている燃料集合体 101 の機断

面積の約 2 倍であり、これらの各単位格子に各 1 体の燃料集合体 5 を装荷し炉心を構成する。すなわち、燃料集合体 5 の上端部は、上部格子板 1 の 1 つの升目内に挿入されて保持される。制御棒 3 は、4 体の燃料集合体 5 の間でしかも上部格子板 1 の真下の間隙内に挿入される。燃料集合体 5 の下端部は、後述する第 4 図に示す燃料支持金具 10 に支持される。燃料集合体 5 は、後述する下部タイプレート 8、図示されていないが、上部タイプレート、下部タイプレート 8 及び上部タイプレートに両端部が保持される多数の燃料棒 20 からなっている。燃料集合体 5 のチャンネルボックス 21 が、燃料棒 20 の束を取囲んでいる。

本実施例における、燃料集合体装荷位置と燃料支持金具の炉心上方から見た位置関係を第 2 図に示す。下部炉心支持板 6 に取りつける制御棒案内管 7 に、はめ込まれる燃料支持金具 10 には、制御棒 3 が通る 1 つの十字型の開口部 12 と、4 つの冷却材流出口 13 が設けられている。燃料集合体 5 は、2 つの制御棒 3 に挟まれた位置に装荷さ

れる。従って、1 体の燃料集合体 5 は、第 2 図に示すように独立した 2 つの燃料支持金具 10 をまたいで配置される。そして燃料集合体 5 内に導かれる冷却材は、隣接した 2 つの燃料支持金具 10 の冷却材流出口 13 の各 1 つから供給される。

第 3 図に、本実施例における燃料集合体 5 の支持方法を示す。第 3 図 (a) に、燃料集合体 5 を装荷した状態を炉心上方から見た構造を示す。

第 3 図 (b) には、第 3 図 (a) における A-A の断面を示す。

第 3 図 (b) において、2 つのノーズ 9 が設けられた下部タイプレート 8 を有する燃料集合体 5 は、2 つの下部ノーズ 9 を、隣接する 2 つの燃料支持金具 10 の上部に開口した冷却水導入口 13 にそれぞれ挿入することによって支持される。すなわち、燃料集合体 5 の重量は、2 つの燃料支持金具 10 に均等に支持される。燃料支持金具 10 は、制御棒案内管 7 と共に下部炉心支持板 6 に設置されている。燃料集合体 5 を冷却する冷却材は、制御棒案内管 7 及び燃料支持金具 10 の側面に開

いた流入口 11 を通り、燃料支持金具 10 内に設けるオリフィスで流量を調整した後、冷却材流出口 13 及び下部ノーズ 9 を通って燃料集合体 5 に流入する。燃料集合体 5 の上端部は、上部格子板 1 により横方向に対して支持される。

燃料支持金具 10 の中央には、十字形の開口部 12 がある。制御棒駆動機構に接続されて制御棒案内管 7 内を上下動する制御棒 3 は、開口部 12 を通して燃料集合体 5 の間に出し入れされる。

第 4 図に、本実施例における燃料支持金具 10 を示す。上部には、制御棒 3 が出入りする 1 つの十字形の開口部 12、及び燃料集合体 5 の下部タイプレート 8 の下部ノーズ 9 が収める 4 つの冷却材流出口 16 が開口している。また燃料支持金具 10 の側面下部には、下部炉心支持板 6 の下において冷却材を取り込むための、冷却材流入口 11 が開口している。冷却材流入口 11 は周方向に 8 つあり、その 2 つづつが 1 つの冷却材流出口 13 に連結されている。

第 2 図に示したように、本実施例において冷却

材流出口13に対応して1ヶ所の冷却材流入口11を設けると、隣接する燃料支持金具10が干渉し合い適正な流量が得られない。このため前述のように冷却材流入口11を二又として干渉を避けた構造にする。

第5図に、本実施例における燃料集合体5の下部タイプレート8を示す。燃料棒下部端栓挿入用グリッド14の下方に冷却材流路15がありそれに続く2つの下部ノーズ9（冷却材取入口）が、1つの対角線上のコーナ部に取り付けられている。下部ノーズ9の位置は、第3図（b）に示したように隣接する2つの燃料支持金具10の冷却材流出口13に嵌るようになっている。

次に本実施例におけるインチャンネル領域18の横断面積 S_1 とアウトチャンネル領域12の横断面積 S_2 との比（ $=S_1/S_2$ ）、すなわち面積比 C_1 を従来例におけるインチャンネル領域の横断面積 S_3 とアウトチャンネル領域 S_4 との比（ $=S_3/S_4$ ）、すなわち面積比 C_2 と比較して示す。第6図（a）は従来の炉心を示し、第6

図（b）は本実施例の炉心を示している。インチャンネル領域18とは、従来例及び本実施例ともチャンネルボックス105及び21の内側の領域を意味する。アウトチャンネル領域17とは、従来例及び本実施例ともチャンネルボックス105及び21の外側の領域であり、次の要件を満足している。従来例のアウトチャンネル領域18は、第6図（a）に示すように制御棒109の2つのブレードと上部格子板108の1つの升目を構成する二辺の板材とによって取囲まれた領域である。詳細に言えば、2つのブレードの中心線及び1つの升目を構成する二辺の板材の中心線によって囲まれた内側の領域であつてチャンネルボックス105の外側の領域である。本実施例のアウトチャンネル領域18は、上部格子板1の1つの升目を構成する4つの板材の中心線より内側でチャンネルボックス21の外側の領域をいう。第6図により燃料集合体一体当りのインチャンネル領域18及びアウトチャンネル領域17を炉心上方から見た場合の面積比 S を比較して示す。従来炉心

における燃料集合体101の1体当りの幅（チャンネルボックス105の幅）を A 、燃料集合体1体に付随する外周部領域の幅を g とする。このとき従来炉心における面積比 C_2 は、 $C_2 = 1/4 (g/A + g^2/A^2)$ である。一方、本実施例における炉心では、燃料集合体5の幅が $\sqrt{2}A$ であり、 g は変わらないとすると面積比 C_1 は、 $C_1 = 1/2 (\sqrt{2}g/A + g^2/A^2)$ となる。 g/A は $1/10$ 程度であるから、本実施例においては、インチャンネル領域18とアウトチャンネル領域17との面積比 C_1 は、従来例の炉心に比べて約1.4倍に増加する。

ところで本実施例においては、上部格子板1の格子位置が制御棒3の位置と重なるため、制御棒交換の作業性が悪いという欠点があるが、制御棒3に隣接する4体の燃料集合体5を取り除いた後に、制御棒3と制御棒駆動装置との結合ソケット部を切り放し、制御棒3を一旦横方向に移動し上部格子板1の格子中央から取り出すことが可能である。この場合、ペロシティーリミッタとブレード

部の中間で2分割できる構造の制御棒3を用いるのが作業性の面でより有利である。

本実施例の既存の沸騰水型原子炉へのバックフィットは、上部格子板1を変更して制御棒の向きを 45° 回転させることに伴ない、制御棒の駆動装置との結合ソケット部の変更、制御棒案内管及び燃料支持金具に溶接された位置固定用金具取り付け位置の変更及び炉心周辺部に用いる燃料支持金具の変更を行なえば可能である。

本実施例によれば、制御棒3の挿入位置を上部格子板1の格子の真下の位置と一致させることにより、従来上部格子板位置と制御棒位置に別個にあつた、アウトチャンネル領域の一部を減少させ、インチャンネル領域を増加することができるため、燃焼特性が均一な経済性に優れた炉心を構成することが可能である。

又、本実施例においては燃料集合体の体積を従来の2倍とすることが可能であり、炉心に装荷している燃料集合体5の体数を減らすことができる。従つて、燃料集合体交換時に取扱う燃料集合体5

の数を半減することが可能であり、燃料集合体交換作業に要する時間を従来の約1/2に短縮できる。

本実施例においては、炉心における燃料と制御棒の体積比は基本的に変化せず、炉心全体に対する反応度制御は従来炉心と同等に行うことができる。また、制御棒と中性子計装管の位置関係も従来炉心と同じにすることが出来、従来と同様のコア、モニター手法が適用できる。

さらに1つの燃料集合体5内に2つの冷却材流出口13より冷却材を供給しているので、横断面積の大きな燃料集合体5であつても燃料集合体5内を流れる冷却材の横断面における流量分布がほぼ一様になる。

燃料集合体を大きくすることは、特開昭54-82590号公報に示されている。この公開公報に示された燃料集合体は、従来の4体の燃料集合体を合わせたものである。このような燃料集合体を用いた場合は、燃料交換時間はより短縮されるが、インチャンネル領域とアウトチャンネル領域との

面積比の増加は期待できない。また、上記公開公報の燃料集合体では、集合体内に制御棒を案内する通路を設ける必要があり、構造が複雑になる。

燃料支持金具10としては、第7図に示す形状のものでもよい。第7図の例では、冷却材流出口13の開口部が、制御棒通路となる十字型の開口部12よりも低い位置にある。この場合、燃料集合体5は第8図に示すように燃料支持用補助金具16によつて支持される。

第8図(a)は、燃料支持金具10に燃料支持用補助金具16を組み合わせた状態を上方から見た図である。第8図(a)におけるB-B断面を第8図(b)に示す。第8図(b)には燃料集合体5を合わせて示す。燃料支持用補助金具16は、下部に第7図に示す燃料支持金具10の冷却材流出口13に接続する2つの開口部があり、上部に燃料集合体5のノーズ9が接続する1つの開口部がある箱型の構造体で、その高さは第7図に示す燃料支持金具10の制御棒出入口12の開口部高さと冷却材流出口13の開口部高さの差に一致し

〔発明の効果〕

本発明によれば（インチャンネル領域の横断面積）／（アウトチャンネル領域の横断面積）を大きくできるので、燃焼効率を改善でき、燃料経済性を著しく向上できる。

図面の簡単な説明

第1図は本発明の好適な一実施例である沸騰水型原子炉の炉心構造の局部平面図、第2図は第1図の炉心構造において下端部に配置された燃料支持金具と燃料集合体の配置関係を示す説明図、第3図は第1図に示す燃料集合体の支持を示すもの

であつて(a)は平面図及び(b)は側面図、第4図は第2図に示す燃料支持金具の斜視図、第5図は第3図に示す燃料集合体の下部タイプレート

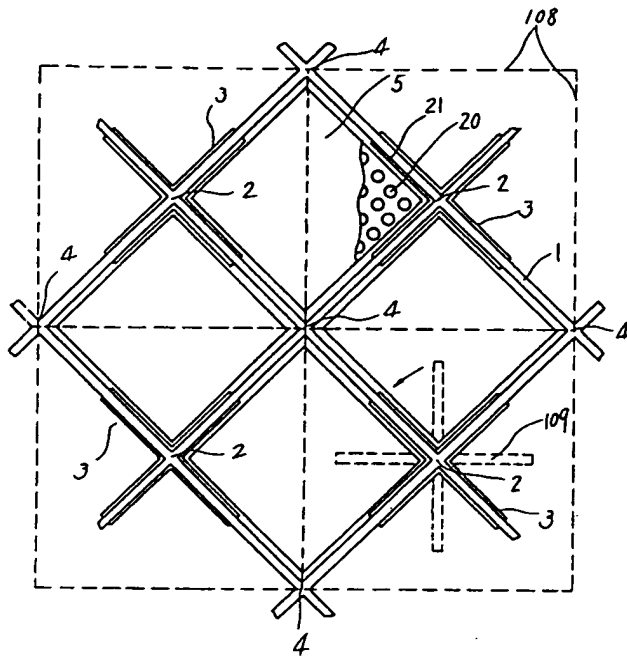
の構造を示すものであつて(a)は平面図及び(b)は局部縦断面図、第6図はインチャンネル領域とアウトチャンネル領域との関係を示すものであつて(a)は従来例の構造図及び(b)は第1図の実施例の構造図、第7図は燃料支持金具の他の実施例の斜視図、第8図は第7図の燃料支持金具による燃料集合体の支持を示す説明図、第9図は従来の炉心における燃料集合体配置を示す説明図、第10図は従来の炉心の平面図である。

1…上部格子板、3…制御棒、5…燃料集合体、10…燃料支持金具。

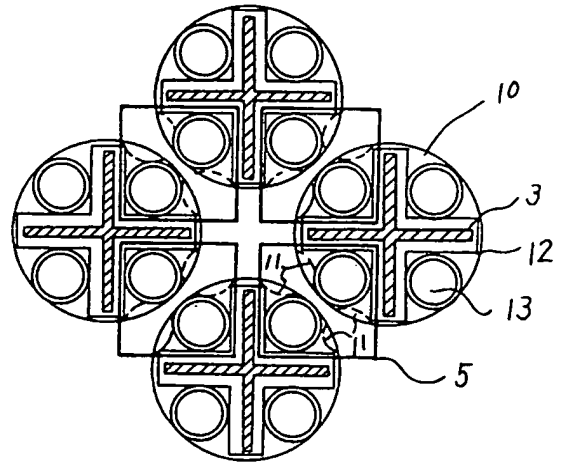
代理人 井理士 小川勝男



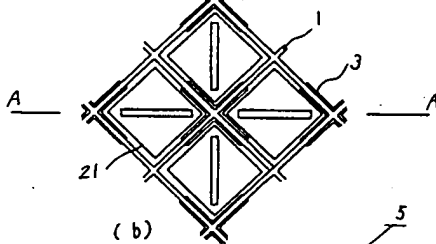
第 1 図



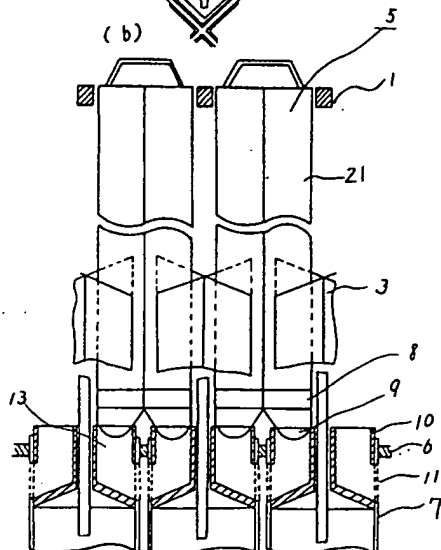
第 2 図



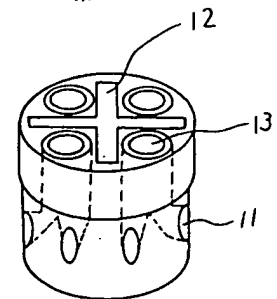
第 3 図
(a)



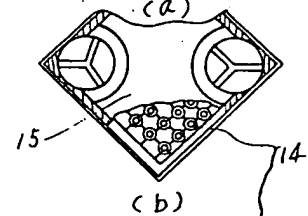
(b)



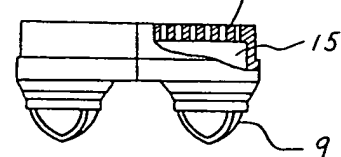
第 4 図



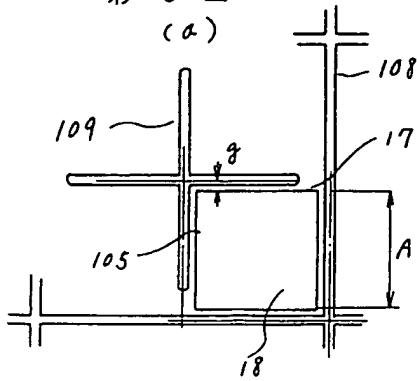
第 5 図
(a)



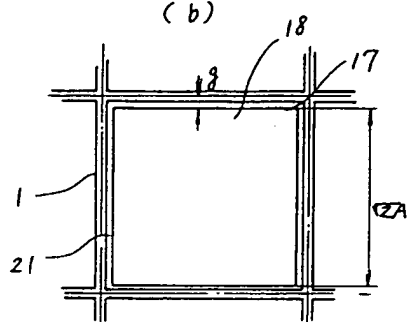
(b)



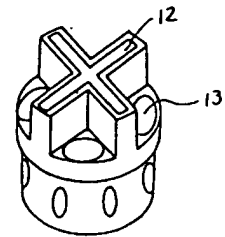
第 6 図
(a)



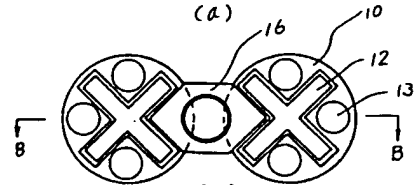
(b)



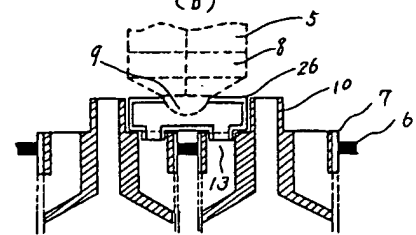
第 7 図



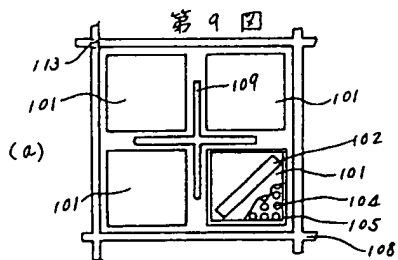
第 8 図
(a)



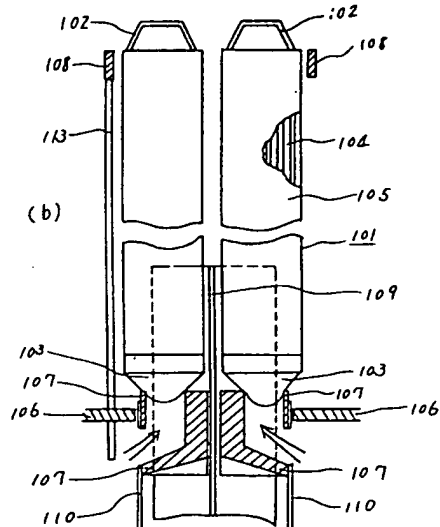
(b)



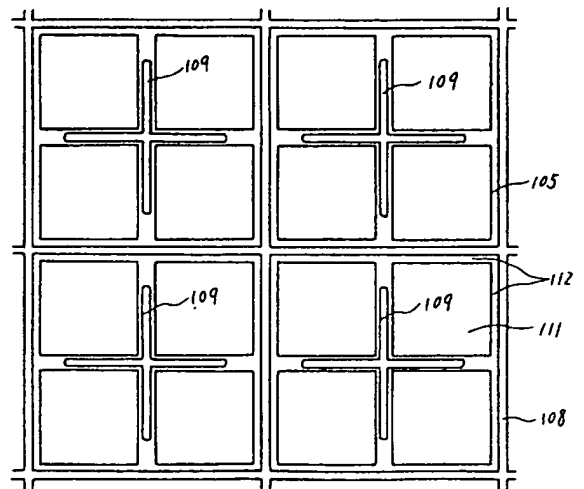
第 9 図



(b)



第 10 図



第1頁の続き

⑦発 明 者 齊 藤 莊 蔵 日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場
内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.